

АЛГОРИТМ С РАСЧЕТАМИ В ЧАСТОТНОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ РАЗРЕЖЕННОЙ ФАЗИРОВАННОЙ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ

Д.О. ДОЛМАТОВ, Д.А СЕДНЕВ

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: dolmatovdo@tpu.ru

Технология Цифровой фокусировки антенной (ЦФА) направлена на решение задачи повышения информативности результатов ультразвукового неразрушающего контроля. В рамках данной технологии используются многоэлементные ультразвуковые преобразователи - фазированные антенные решетки (ФАР), а результаты представляются в форме изображений внутренней структуры объектов контроля, которые восстанавливаются путем пространственно-временной обработки сигналов, зарегистрированных элементами ФАР.

Актуальным вопросом развития технологии ЦФА является повышение производительности, под которой понимают увеличение скорости получения изображений внутренней структуры объектов контроля без потери их качества.

Одним из подходов направленным на повышение производительности технологии ЦФА является применение вычислительно-эффективных алгоритмов пространственно-временной обработки эхо-сигналов, зарегистрированных элементами ФАР. В рамках данного подхода большой интерес представляют алгоритмы с расчетами в частотной области. Такие алгоритмы базируются на применении к набору эхо-сигналов алгоритма Быстрого преобразования Фурье (БПФ) с последующими операциями с данными в частотной области.

Применение алгоритма БПФ подразумевает, что данные заданы на регулярной сетке. Тем не менее, практический интерес представляет возможность использования алгоритмов с расчетами в частотной области совместно с подходами направленными на оптимизацию объема данных, подлежащих пространственно-временной обработке. Идея оптимизации объема данных заключается в повышении скорости получения результатов высокого качества за счет использования минимально необходимого для этого набора эхо-сигналов, что может быть реализовано за счет применения разреженных и неэквидистантных ФАР. В любом случае применение подходов направленных на оптимизацию набора данных подразумевает необходимость пространственно-временной обработки данных, заданных на нерегулярной сетке. Таким образом, требуется адаптация существующих алгоритмов с расчетами в частотной области для пространственно-временной обработки данных, заданных на нерегулярной сетке.

В данной работе существующий алгоритм с расчетами в частотной области [1] был адаптирован для пространственно-временной обработки данных, заданных на нерегулярной сетке за счет использования неэквидистантного БПФ, основы которого рассмотрены в [2]. Алгоритм был реализован в программном пакете Matlab R2016a. Его верификация осуществлялась с применением компьютерного моделирования в программном пакете CIVA UT, который является мощным и универсальным средством моделирования физических процессов, имеющих место в ультразвуковом неразрушающем контроле.

В качестве преобразователя использовалась ФАР, состоящая из 16 элементов. Рабочая частота каждого из элементов составляла 5 МГц. Регистрация набора эхо-сигнала осуществлялась в режиме разреженной решетки, состоящей из 12 активных элементов. В таблице 1 представлены основные параметры выбранной конфигурации разреженной ФАР и ее функции рассеяния точки (ФРТ). В качестве объекта контроля при проведении компьютерного моделирования рассматривался стальной блок, содержащий плоскодонные отверстия диаметром 1 мм, рисунок 1а. В приведенной на рисунке 1а системе координат дефекты имеют следующие координаты в мм: А (13, 10), В(10,15), С(7,20).

Таблица 1 – Параметры разреженной ФАР

Количество активных элементов	Номера активных элементов	Полная ширина на половине высоты ФРТ, °	Уровень боковых лепестков ФРТ, дБ
12	1, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 15	6,55	-25,84

Результатом компьютерного моделирования являются эхо-сигналы, которые служили исходными данными для реализованного алгоритма пространственно-временной обработки. Результатом работы алгоритма является изображение внутренней структуры объекта контроля, представленное на рисунке 1б.

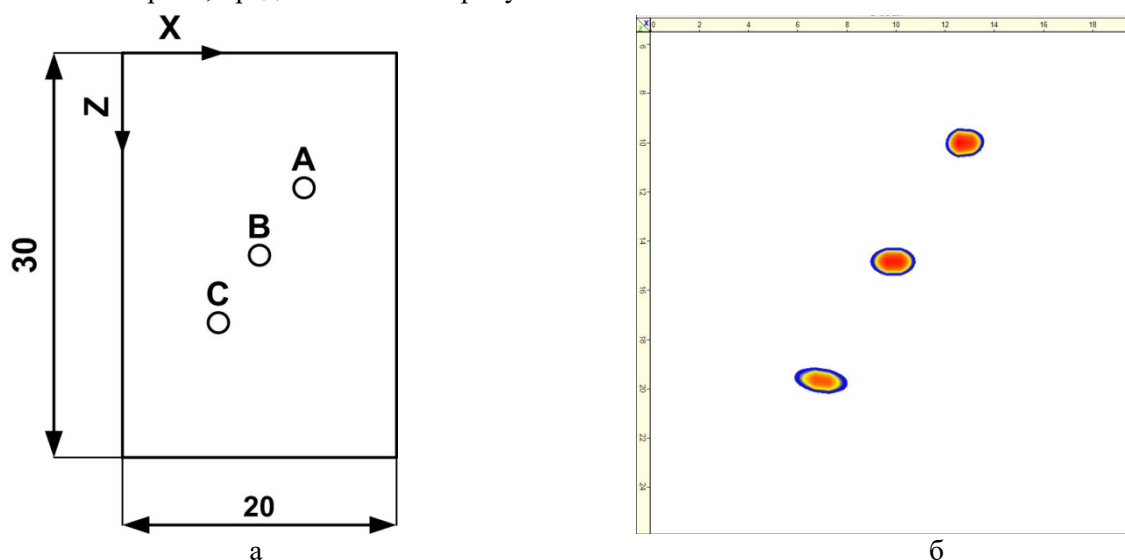


Рисунок 2 – Восстановление изображения внутренней структуры тестового образца:
а – расположение дефектов в образце; б - результат пространственно-временной обработки с использованием разработанного алгоритма

На основании полученного результата можно сделать вывод о том, что получена точная реконструкция каждого из отражателей, расположенных в тестовом образце. В этой связи в дальнейшем целесообразно провести верификацию разработанного алгоритма с использованием натуральных экспериментов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке Госзадания «Наука», проект № FSWW-2020-0014, а также Программы повышения конкурентоспособности Национального исследовательского Томского политехнического университета, проект № ВИУ-МНОЛ НК-187/2020.

Список литературы

1. Hunter A. J., Drinkwater B. W., Wilcox P. D. The wavenumber algorithm for full-matrix imaging using an ultrasonic array //IEEE transactions on ultrasonics, ferroelectrics, and frequency control. 2008. V. 55. – №. 11. P. 2450-2462.
2. Greengard L., Lee J. Y. Accelerating the nonuniform fast Fourier transform //SIAM review. 2004. V. 46. №. 3. P. 443-454.